

## КВАНТОВАЯ ГЕМОТЕРАПИЯ: МОЛЕКУЛЯРНЫЕ АСПЕКТЫ

Г. А. Залесская, И. И. Калоша, Л. Г. Астафьева

Институт физики им. Б. И. Степанова НАН Беларуси, Минск

E-mail:zalesskaya@imaph.bas-net.by

Медицина стала одной из областей, широко использующих лазерное излучение. Представления об эффективности воздействия оптического излучения на организм претерпели принципиальные изменения после внедрения в практику низкоинтенсивного лазерного излучения (НИЛИ). Однако первичные молекулярные механизмы медико-биологических эффектов НИЛИ оставались долгое время недостаточно изученными, также как возможности реализации таких преимуществ лазерного излучения как когерентность и поляризация.

Цель исследования – изучение молекулярных механизмов терапевтического действия фототерапии (ФГТ) – внутривенного и надвенозного облучения крови пациентов; сопоставление эффективности лазерных и нелазерных источников низкоинтенсивного оптического излучения.

Приводятся результаты комплексных исследований влияния внутривенного (ВЛОК) ( $\lambda = 632.8, 670, 800$  нм) и надвенозного (НЛОК) ( $\lambda = 670$  нм) облучения НИЛИ на спектральные характеристики крови, степень оксигенации, процессы метаболизма. Результаты воздействия НИЛИ на кровь сопоставляются с результатами экстракорпорального УФ облучения крови (УФОК) излучением ртутной лампы. Оценивается влияние лазерного и нелазерного излучения на медико-биологические эффекты ФГТ.

Показано, что поглощение кровью НИЛИ указанных длин волн вызывает фотодиссоциацию связей гем – лиганд, которая является первичным фотопроцессом, приводящим к превращению оксигемоглобина в деоксигенированный гемоглобин непосредственно в эритроцитах. В результате фотодиссоциации курс ФГТ изменял: степень насыщения гемоглобина (Hb) кислородом ( $S_{vO_2}$ ), парциальные давления газов крови, содержание кислорода в облучаемой крови. На основании выполненных оценок сделан вывод, что также как при ВЛОК, так и при НЛОК и УФОК необходимым условием эффективного воздействия на биоткань является достаточное поглощение используемого излучения, зависящее от оптических характеристик биотканей. Показано, что при типичных для ФГТ режимах облучения наблюдаемые эффекты имеют нетепловую природу.

Анализируются закономерности фотомодификации крови когерентным и некогерентным излучением различных длин волн. Установлено, что фотоиндуцированные изменения характеристик оксигенации, отличавшиеся во время курса ФГТ и после его окончания, по-разному прояв-

лялись у отдельных пациентов, демонстрируя как положительные, так и отрицательные результаты, которые зависели от исходного значения  $S_vO_2$  и фотоиндуцированных изменений ( $\Delta S_vO_2$ ), но не зависели от когерентности и поляризации применявшегося оптического излучения.

Фотоиндуцированные сдвиги в протекании метаболических процессов оказались взаимосвязанными с изменениями характеристик оксигенации крови и отличались для разных пациентов. Положительные и отрицательные сдвиги в содержании продуктов метаболизма зависели от их исходной концентрации и фотоиндуцированных изменений ( $\Delta S_vO_2$ ). Выявленная связь между изменениями содержания продуктов метаболизма и ( $\Delta S_vO_2$ ) подтверждает определяющую роль кислородзависимых процессов в нормализации метаболических нарушений.

Сделан вывод, что разное влияние облучения крови на пациентов обусловлено сильными отличиями в протекании кислородзависимых процессов при ФГТ. У разных пациентов по-разному изменялись: содержание кислорода в облучаемой крови, артериовенозная разница по кислороду, а, следовательно, утилизация кислорода тканями, содержание кислорода в клетках. Поэтому у отдельных пациентов изменения баланса между образованием активных форм кислорода (АФК) и их ингибированием антиоксидантными системами активировали метаболические процессы, а у других подавляли.

Увеличение концентрации кислорода в клетках при фототерапии приводит к активации дыхательной цепи и нормализации производства АФК, которые в физиологически допустимых количествах играют роль сигнальных молекул, стимулирующих в организме ряд полезных биологических откликов. Однако процесс генерации АФК должен контролироваться при ФГТ для достижения положительного эффекта без разрушения биологических структур.

Сделан вывод, что ФГТ – мощный метод защиты и сдерживания свободно-радикальных реакций, позволяющий организму успешно справляться с различными патологическими процессами. Однако дозозависимые эффекты противоположной направленности, также как неудовлетворительные результаты лечения некоторых пациентов показывают, что отрицательные эффекты – результат истощения антиоксидантной защиты при передозировках или неудовлетворительном исходном состоянии организма. Анализируются нерешенные проблемы ФГТ, рассматриваются возможные пути их преодоления.

1. Залесская Г. А. Фотомодификация крови терапевтическими дозами оптического излучения. Минск: Беларуская навука, 2014. 198 с.
2. Залесская Г. А., Калоша И. И. // Биофизика. 2014. Т. 59, № 4. С. 799–804.
3. Залесская Г. А. // Биофизика. 2015. Т. 60, № 3. С. 534–541.